

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-026199

(43)Date of publication of application : 29.01.1999

(51)Int.Cl.

H05H 13/04  
G21K 1/06

(21)Application number : 09-176985

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 02.07.1997

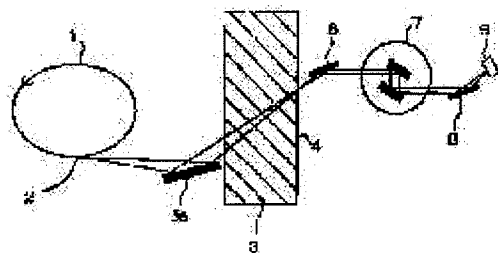
(72)Inventor : UEHARA YASUSHI  
OKAJIMA TOSHIHIRO  
KUROKAWA HIROSHI

## (54) CONDENSING METHOD AND CONDENSING DEVICE OF SYNCHROTRON EMITTING LIGHT

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve utilization efficiency of the synchrotron emitting light.

SOLUTION: This device introduces the synchrotron emitting light emitted from a light emitting point 2 of a synchrotron ring 1 up to a utilization position 9 by penetrating through a radioactive ray shielding wall 3 arranged between the light emitting point and the utilization position. In this case, at least a single condensing mirror 5a is arranged between the light emitting point and the radioactive ray shielding wall 3, and is constituted so that the emitted light from the light emitting point is condensed in the same area and at the same divergent angle as the light emitting point on a utilization position side surface 4 of the radioactive ray shielding wall or is condensed so as to become parallel in both directions. The mirror has a toroidal shape or an elliptic surface shape. At least single condensing mirrors 6 and 8 are arranged between the radioactive ray shielding wall 3 and the utilization position, and are constituted so that the emitted light condensed on the utilization position side surface of the radioactive ray shielding wall 3 is condensed on the utilization position.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.09.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 25.10.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-26199

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月29日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 5 H 13/04

H 0 5 H 13/04

U

G 2 1 K 1/06

G 2 1 K 1/06

M

B

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-176985

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月2日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 上原 康

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 岡島 敏浩

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 黒川 博志

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

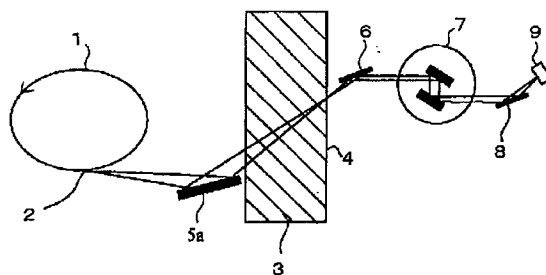
(74) 代理人 弁理士 宮田 金雄 (外2名)

(54) 【発明の名称】 シンクロトロン放射光の集光方法および集光装置

(57) 【要約】

【課題】 シンクロトロン放射光の利用効率を向上させる。

【解決手段】 シンクロトロンリング1の発光点2から放射されるシンクロトロン放射光を、発光点と利用位置との間に設けられる放射線遮蔽壁3を貫通して利用位置9まで導くシンクロトロン放射光の集光装置において、発光点と放射線遮蔽壁との間に少なくとも1つの集光ミラー5a, 5bを配置し、発光点からの放射光を放射線遮蔽壁の利用位置側の面4に、発光点と同じ面積かつ同じ発散角で集光するかまたは、両方向について平行となるように集光するように構成した。また、前記ミラーがトロイダル形状または楕円面形状を有するものである。また、前記放射線遮蔽壁と利用位置との間に少なくとも1つの集光ミラー6、8を配置し、前記放射線遮蔽壁の利用位置側の面に集光された放射光を利用位置に集光するように構成した。



6: 第1ミラー

7: 分光器

8: 第2ミラー

9: 試料

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シンクロトロンリングの発光点から放射されるシンクロトロン放射光を、前記発光点と利用位置との間に設けられる放射線遮蔽壁を貫通して利用位置まで導くシンクロトロン放射光の集光方法において、前記発光点からの放射光を前記放射線遮蔽壁の利用位置側の面に、前記発光点と同じ面積かつ同じ発散角で集光することを特徴とするシンクロトロン放射光の集光方法。

【請求項2】 シンクロトロンリングの発光点から放射されるシンクロトロン放射光を、前記発光点と利用位置との間に設けられる放射線遮蔽壁を貫通して利用位置まで導くシンクロトロン放射光の集光装置において、前記発光点と放射線遮蔽壁との間に少なくとも1つの集光ミラーを配置し、前記発光点からの放射光を前記放射線遮蔽壁の利用位置側の面に、前記発光点と同じ面積かつ同じ発散角で集光するように構成したことを特徴とするシンクロトロン放射光の集光装置。

【請求項3】 シンクロトロンリングの発光点から放射されるシンクロトロン放射光を、前記発光点と利用位置との間に設けられる放射線遮蔽壁を貫通して利用位置まで導くシンクロトロン放射光の集光装置において、前記発光点と放射線遮蔽壁との間に少なくとも1つの集光ミラーを配置し、前記発光点からの放射光を前記放射線遮蔽壁の利用位置側の面に、前記シンクロトロンリングの軌道面に平行な方向と垂直な方向の両方向について平行となるように集光するように構成したことを特徴とするシンクロトロン放射光の集光装置。

【請求項4】 前記集光ミラーがトロイダル形状を有するものである請求項2または3に記載のシンクロトロン放射光の集光装置。

【請求項5】 前記集光ミラーが楕円面形状を有するものである請求項2または3に記載のシンクロトロン放射光の集光装置。

【請求項6】 前記放射線遮蔽壁と利用位置との間に少なくとも1つの集光ミラーを配置し、前記放射線遮蔽壁の利用位置側の面に集光された放射光を利用位置に集光するように構成した請求項2または3に記載のシンクロトロン放射光の集光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、シンクロトロンリング（荷電粒子蓄積リング）により発生されるシンクロトロン放射光を光源とし、それを放射線遮蔽壁の外側で使用するビームライン光学系に関するものであり、特に材料解析用に用いられるものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、前記シンクロトロン放射光を光源とし、放射線遮蔽壁の外側でX線吸収スペクトル測定やX線回折に使用されるビームラインには、次に説明するようなものがある。その一つは、図4に示すように、シ

ンクロトロンリング1の発光点2から放射されたシンクロトロン放射光を、遮蔽壁3外側に設置される分光器7による単色化の後、試料9に照射し、X線吸収スペクトルを得るものである（第1の従来例という）。これは例えば、刊行物（‘PHOTON FACTORY ACTIVITY REPORT’ 1982/83, p. v-7）に記載されている。この第1の従来例は、例えば、発光点2から分光器7までの距離が25 mの場合、シンクロトロンリング1の軌道面に平行な方向（以下x方向という）の、発光点2での取り込み角が1 mradとしても、分光器7の位置での放射光の広がり25 mmとなる。同様に、軌道面に垂直な方向（以下y方向という）にも放射光はわずかながら広がりを持つので、分光器7の中にある光学素子の上でビームは大きく広がり、エネルギー分解能を低下させる。通常は、この広がりを避けるために、分光器7の直前にスリット10を置き、分光器7に入射する光の大きさを制限する。このために、実際に試料9の位置で得られる光量は大幅に制限される、という問題点がある。

【0003】上述のような光量の制限を解決するビームラインとして、図5に示す光学系がある（第2の従来例という）。これは例えば、文献（Rev. Sci. Instrum. 66(2), February 1995, p. 1745）に記載されている。図5に示す光学系は、シンクロトロンリング1の発光点2より放射されたビームを、発光点から約11 mの位置に設置した第1ミラー6でx方向、y方向共に平行化し、分光器7に導入して単色化の後、第1ミラー6と同じ表面形状を持つ第2ミラー8で発光点から約26 mに設置する試料9にビームを集光するものである。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図5に示すものでは、発光点2から第1ミラー6までの距離が長くそれまでのビームの広がりを抑えることはできず、効率的にビームを平行化するためには、大型ミラーが必要となる。また、ここでは示されていないが、シンクロトロンリング1の周囲に放射線遮蔽壁を設けるのが一般的であり、シンクロトロンリング1の大型化に伴い、発光点2から遮蔽壁外側までの距離も伸びる傾向にあり、遮蔽壁外側にあるミラーや分光器の光学素子上で実用的なビームサイズを得るためには、これらの光学機器の手前でスリットを用いて入射する光の大きさを制限せざるを得ず、シンクロトロン放射光の利用効率が低い。そのため、材料評価に長時間必要とする、という問題点がある。また、利用効率を上げるためには非常に大きいミラーを必要とし、建設に多額の費用を必要とする、という問題点がある。

【0005】本発明は、前記問題点を解決するためになされたものであり、大型ミラーを用いなくてもシンクロトロン放射光をX方向、y方向の両方に大きな角度で取り込むことができ、シンクロトロン放射光の利用効率の高い集光方法および集光装置を提供することを目的とし

ている。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の方法に係るシンクロトン放射光の集光方法は、シンクロトンリングの発光点から放射されるシンクロトン放射光を、前記発光点と利用位置との間に設けられる放射線遮蔽壁を貫通して利用位置まで導くシンクロトン放射光の集光方法において、前記発光点からの放射光を前記放射線遮蔽壁の利用位置側の面に、前記発光点と同じ面積かつ同じ発散角で集光するものである。

【0007】本発明の第1の構成に係るシンクロトン放射光の集光装置は、シンクロトンリングの発光点から放射されるシンクロトン放射光を、前記発光点と利用位置との間に設けられる放射線遮蔽壁を貫通して利用位置まで導くシンクロトン放射光の集光装置において、前記発光点と放射線遮蔽壁との間に少なくとも1つの集光ミラーを配置し、前記発光点からの放射光を前記放射線遮蔽壁の利用位置側の面に、前記発光点と同じ面積かつ同じ発散角で集光するように構成したものである。

【0008】本発明の第2の構成に係るシンクロトン放射光の集光装置は、シンクロトンリングの発光点から放射されるシンクロトン放射光を、前記発光点と利用位置との間に設けられる放射線遮蔽壁を貫通して利用位置まで導くシンクロトン放射光の集光装置において、前記発光点と放射線遮蔽壁との間に少なくとも1つの集光ミラーを配置し、前記発光点からの放射光を前記放射線遮蔽壁の利用位置側の面に、前記シンクロトンリングの軌道面に平行な方向と垂直な方向の両方向について平行となるように集光するように構成したものである。

【0009】本発明の第3の構成に係るシンクロトン放射光の集光装置は、前記第1または第2の構成における集光ミラーがトロイダル形状を有するものである。

【0010】本発明の第4の構成に係るシンクロトン放射光の集光装置は、前記第1または第2の構成における集光ミラーが楕円面形状を有するものである。

【0011】本発明の第5の構成に係るシンクロトン放射光の集光装置は、前記第1または第2の構成において、前記放射線遮蔽壁と利用位置との間に少なくとも1つの集光ミラーを配置し、前記放射線遮蔽壁の利用位置側の面に集光された放射光を利用位置に集光するように構成したものである。

#### 【0012】

##### 【発明の実施の形態】

実施の形態1. 以下、本発明の実施の形態を図面に基いて説明する。図1は本発明の実施の形態1を示す。図において、1はシンクロトンリング、2はその発光点、3は放射線遮蔽壁、4は放射線遮蔽壁の利用位置側の面すなわち外側面、5aは発光点2と遮蔽壁3との間に

配置された遮蔽壁内集光ミラーである。本実施の形態では、シンクロトンリング1で発生したシンクロトン放射光は、発光点2から放射され、発光点2と遮蔽壁3の外側面4の中間点に設置されるミラー5aにて集光されて、外側面4に焦点を結ぶ。ここで、ミラー5aの反射面は、Ni、Pt、Auなどの単層膜或いは多層膜が形成されており、且つx方向、ビームの入射方向(z方向)共に凹の曲率を持ったトロイダル形状を有する。トロイダル形状の曲率は、発光点2とミラー5aとの距離を $d_1$ 、放射光のミラー5aへの入射角を $\theta_1$ としたとき、

$$1/d_1 = 1/(R_1 \sin \theta_1), \quad 1/\rho_1 = \sin \theta_1 / \rho_1$$

で表される。ここで、 $R_1$ と $\rho_1$ はそれぞれz方向とx方向の曲率半径である。例として距離 $d_1$ を3.6 m、入射角 $\theta_1$ を14 mradとすれば、 $R_1 = 257$  m、 $\rho_1 = 0.067$  mとなる。

【0013】このような構成において、発光点2から発散したビームは、ミラー5aによって集光され、遮蔽壁外側面4に集光される。発光点2の大きさが $0.5 \text{ mm} \times 0.5 \text{ mm}$ 、ビーム取り込みの発散角が4 mrad (x方向)  $\times$  1 mrad (y方向) のとき、ミラー5aの大きさを40 cm (z方向)  $\times$  6 cm (x方向) とすれば全てのビームを集光することが可能である。ミラーは有限の反射率を持つが、例えば表面層がNiで入射角が14 mradの場合、2000 eVの光の反射率は約80 %であり、発光点からの光の80 %の光量を発光点と同じ面積に同じ発散角で得ることができる。このような系では、シンクロトン放射光の利用効率が高くなると共に、放射線遮蔽壁3の外側面4を起点として光学系の設計を行うことが可能となり、自由度が増大する。

【0014】図2に、上述のようにして放射線遮蔽壁3の外側面4にx、y両方向について1:1の割合で集光された放射光を利用位置に集光する一例を示す。図において、6、8はそれぞれ遮蔽壁外第1、第2ミラーであり、放射線遮蔽壁3と試料9との間に配置されている。7は分光器である。このように構成されたものにおいて、放射線遮蔽壁3の外側面4に焦点を結んだビームは、更に遮蔽壁外第1ミラー6で集光、平行化され、分光器7でそのエネルギーを単色化の後、遮蔽壁外第2ミラー8により試料9位置に集光、結像する。ここで遮蔽壁外第1ミラー6と遮蔽壁外第2ミラー8は同一の表面形状と集光特性を有し、且つ放射線遮蔽壁3の外側面4と遮蔽壁外第1ミラー6、遮蔽壁外第2ミラー8と試料9の位置との距離を等しくとれば、放射線遮蔽壁3の外側面4に結像された発光点2の像を再び試料9の位置に結像することができる。このような系では、シンクロトン放射光の利用効率が高い。また分光器7の分光素子の上でのビームの大きさを小さくすることができるので、エネルギー幅の狭い単色光を取り出すことができる。

10

20

30

40

50

【0015】実施の形態2. 図3は本発明の実施の形態2を示す。図において、5bは発光点2と遮蔽壁3との間に配置された遮蔽壁内集光ミラーである。本実施の形態では、シンクロトロンリング1で発生したシンクロトロン放射光は、発光点2から放射され、遮蔽壁3の内側（リング1側）に設置されるミラー5bにて集光、平行化されて、外側面4に平行ビームとして取り出される。ここで、ミラー5bの反射面は、実施の形態1と同様のものである。トロイダル形状の曲率は、発光点2とミラー5bとの距離を $d_2$ 、放射光のミラーへの入射角を $\theta_2$ としたとき、

$$1/d_2 = 2/(R_2 \sin \theta_2), \quad 1/d_2 = 2 \sin \theta_2 / \rho_2$$

で表される。ここで、 $R_2$ と $\rho_2$ はそれぞれz方向とx方向の曲率半径である。例として距離 $d_2$ を3.6 m、入射角 $\theta_2$ を14 mradとすれば、 $R_2 = 514$  m、 $\rho_2 = 0.034$  mとなる。このような構成において、発光点2から発散したビームは、ミラー5bによって集光、平行化され、放射線遮蔽壁3の外側面4に平行ビームとして取り出される。発光点2の大きさとビーム取り込みの発散角が実施の形態1と同じとき、ミラー5bの大きさも実施の形態1と同じである場合に全てのビームを集光することが可能で、約20 mm × 5 mmの平行ビームを放射線遮蔽壁3の外側面4にて得ることができる。本実施の形態では図5で示した第2の従来例に比べて、発光点2からミラー5bまでの距離を短くできるので、ミラー5bを大型化することなく、シンクロトロン放射光の高い利用効率が得られる。また、放射線遮蔽壁3の外側面4に平行光を取り出せるので、その後の光学系の設計自由度が増大する。例えば、放射線遮蔽壁3の外側面4に取り出された平行光をいきなり試料に照射することも可能である。

【0016】なお、上記各実施の形態において、遮蔽壁内に設置するミラー5a、5bの表面形状が楕円面形状であっても、同様の作用が期待される。また、2つ以上のミ\*

\*ラーを組み合わせることで同様の作用をもたらすことも可能である。

【0017】また、上記各実施の形態において、特に説明しなかったが、シンクロトロン放射光は発光点2から試料9の直前まで真空パイプを通して導かれるのが一般的である。

【0018】さらに、上記各実施の形態では、シンクロトロン放射光を試料の分析に用いる場合について説明したが、これに限るものではなく、例えば血管造影等の医療診断に用いることもできる。

#### 【0019】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、放射線遮蔽壁を有するシンクロトロンリングから放射されるシンクロトロン放射光の利用効率が大幅に向上し、材料解析時間の短縮と微小、微量試料の解析が可能になる。また、放射線遮蔽壁の利用位置側における光学系の設計自由度が増大し、利用を行うためのビームライン建設費の削減が可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1によるシンクロトロン放射光の集光方法及びその装置を説明する構成図である。

【図2】 本発明の実施の形態1に係わり放射線遮蔽壁外側面に集光された放射光を試料に照射する一構成例を示す構成図である。

【図3】 本発明の実施の形態2によるシンクロトロン放射光の集光装置を説明する構成図である。

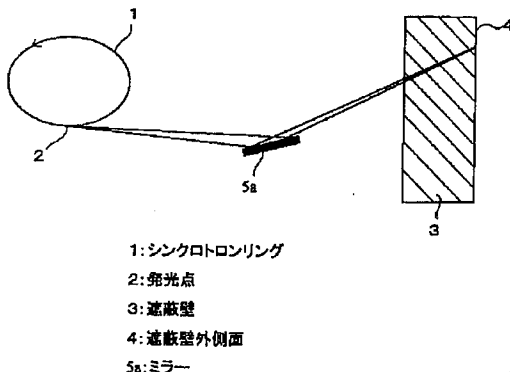
【図4】 第1の従来例を示す構成図である。

【図5】 第2の従来例を示す構成図である。

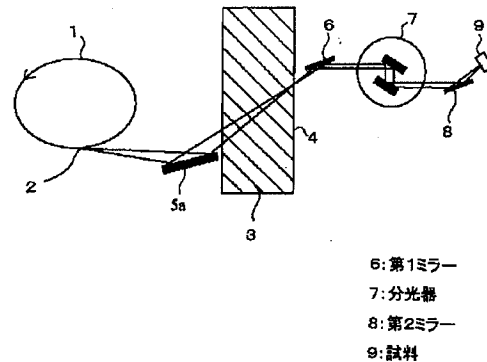
#### 【符号の説明】

1 シンクロトロンリング、 2 発光点、 3 放射線遮蔽壁、 4 遮蔽壁外側面、 5a、5b 遮蔽壁内ミラー、 6 遮蔽壁外第1ミラー、 7 分光器、 8 遮蔽壁外第2ミラー、 9 試料、 10 スリット。

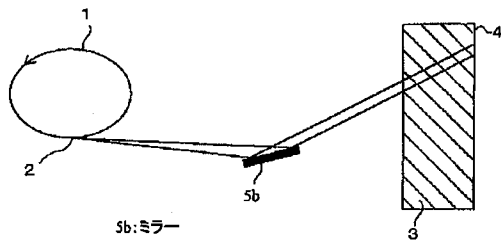
【図1】



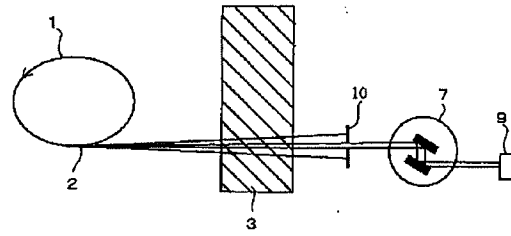
【図2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

